

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 7月26日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-217871

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-217871 ]

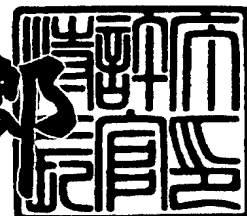
出 願 人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 6月 2日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3041809

【書類名】 特許願

【整理番号】 2931040018

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01H 59/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 内藤 康幸

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中西 淑人

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 清水 紀智

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中村 邦彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 可動体を電極に吸着させる、又は離すことにより、外部からの信号の伝搬経路を切り替えるスイッチにおいて、

外部からの信号を入力する入力ポートと、この入力ポートに接続された可動体と、前記外部からの信号を伝搬するための第1の電極と、この第1の電極に接続され制御信号を発生する第1の制御電源と、前記外部からの信号を遮断するための第2の電極と、この第2の電極に接続され制御信号を発生する第2の制御電源とを備え、

前記第1の制御電源により第1の電極に制御信号を与え、前記可動体と第1の電極に与えられた電位差、および前記可動体と第2の電極に与えられた電位差で発生する駆動力によって可動体を励磁し、前記可動体を変位させ第1の電極、第2の電極に吸引または吸着することを特徴とするスイッチ。

【請求項 2】 前記駆動力は静電気力であることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 3】 前記可動体を常時励振させることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 4】 前記可動体は第1の電極、第2の電極に交互に変位し励磁することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 5】 前記可動体が前記電極から離れた所定の位置から、前記可動体を励振させることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 6】 前記可動体が前記電極に吸着された状態から、前記可動体を励振させることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 7】 前記可動体を励振させる周波数は、前記可動体の自己共振周波数であることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 8】 前記可動体を励振させる周波数は、所望の応答速度より速い速度に対応した周波数であることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 9】 前記自己共振周波数は、所望の応答速度より速い速度に対応し

た周波数をもつようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 1 0】 前記可動体が電極に吸着された状態から前記可動体を励振させることにより、前記可動体を前記電極から解放するための手段としていることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 1 1】 複数の前記スイッチを接続して一つのスイッチとすることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 1 2】 可動体を電極に吸着させる、又は離すことにより、外部からの信号の伝搬経路を切り替えるスイッチにおいて、

外部からの信号を入力する入力ポートと、入力ポートに接続された可動体と、外部からの信号を伝搬するための電極と、この電極に接続され制御信号を発生する制御電源とを備え、

前記制御電源により可動体と電極に電流を流すことで、生じる引力、斥力のローレンツ力を駆動力として、外部からの信号の伝搬経路を切り換えることを特徴とするスイッチ。

【請求項 1 3】 可動体もしくは電極のどちらか一方を高抵抗材料を使用し、前記可動体と前記電極が引力で吸着している状態のとき、前記可動体もしくは前記電極の極性を反転させた瞬間に、前記可動体と前記電極が同極性となり生ずる斥力を、駆動力とすることを特徴とする請求項 1 または 1 2 記載のスイッチ。

【請求項 1 4】 可動体と電極間の電極上に形成する絶縁層に極性反転速度の比較的遅い高誘電体絶縁材料を使用し、前記可動体と前記電極が引力で吸着している状態のとき、前記可動体の極性を反転させた瞬間に、前記可動体と前記絶縁層表面が同極性となり生ずる斥力を、駆動力とすることを特徴とする請求項 1 または 1 2 記載のスイッチ。

【請求項 1 5】 前記制御電源が応答時間より短時間のパルス型の力が可動体に加わるように制御信号を発生することにより、オーバーシュートの大きさを制御することを特徴とする請求項 1 記載のスイッチ。

【請求項 1 6】 前記パルス型の力の印加時間は、可動体のオーバーシュートの大きさと応答時間の最適な条件より、前記可動体が電極に急激に吸引されるブルインが起こる位置にまで前記可動体をオーバーシュートさせるパルス型の力の

印加時間の約半分の長さであることを特徴とする請求項 1 5 記載のスイッチ。

【請求項 1 7】 前記可動体のオーバーシュートの大きさと応答時間の最適条件は、オーバーシュートの大きさが約  $0.1 \mu\text{m}$  以下、応答時間が約  $20 \mu\text{s}$  以下であることを特徴とする請求項 1 5 記載のスイッチ。

【請求項 1 8】 オーバーシュートの方向と逆方向で、オーバーシュートの大きさに対応した力が、交互に随時可動体に加わるように制御信号を制御することにより、オーバーシュート量を制御することを特徴とする請求項 1 5 記載のスイッチ。

【請求項 1 9】 前記オーバーシュートの方向と逆方向で、オーバーシュートの大きさに対応した力は、方向により非対称とすることを特徴とする請求項 1 7 記載のスイッチ。

【請求項 2 0】 電極に接触した状態の可動体を、電極から離れた所定の位置に戻す場合において、前記可動体が所定の位置を越えて変位するオーバーシュートの大きさを制御するため、オーバーシュートの大きさに対応した一方方向の力が前記可動体に加わる様制御信号を制御することを特徴とするスイッチ。

【請求項 2 1】 可動体と電極の接触界面を波型、もしくは矩形型にしたことを特徴とするスイッチ。

【請求項 2 2】 請求項 1 ～ 2 2 のいずれかに記載のスイッチを搭載した電子装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子回路等に用いられ可動体を電極に吸着させる、又は離すことにより、外部からの信号の伝搬経路を切り替えるスイッチに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来の RF-MEMS スイッチは、メンブレン (membrane) 状や棒状の可動体を両持ちや片持ちにし、それらを電極へ接触させたり離したりすることにより、信号の伝搬経路を切り替える機械スイッチである。メンブレンや可動体の駆動力源は、

静電気力のもの (Motorola, Inc. <http://www.motorola.com>) が多く、他にも磁気力のもの (Microlab, Inc. <http://www.microlab.net>) も発表されている。

【 0 0 0 3 】

従来、大きさが数百  $\mu$  m 程度の微細なスイッチとして、「IEEE Microwave and Wireless Components letters, Vol.11 No8, August 2001 p334」に記載されているものが知られている。

【 0 0 0 4 】

図 1 0 に従来のスイッチの構成を示す。図 1 0 ( a ) は、従来のスイッチの構成を示す側面図であり、図 1 0 ( b ) は、従来のスイッチの構成を示す平面図である。図 1 0 ( a ) は、図 1 0 ( b ) の A - A ' 線を断面にとって示す断面図である。このスイッチは、メンブレン (membrane) 上に、高周波信号が伝達される信号ライン 1 0 1 を形成し、当該信号ライン 1 0 1 の直下に制御電極 1 0 3 を設けている。

【 0 0 0 5 】

制御電極 1 0 3 に直流電位を印加すると、メンブレンが制御電極 1 0 3 側に静電引力により引き付けられ、撓み、基板 1 0 2 上に形成されている接地電極 1 0 4 と接触することにより、メンブレンに形成されている信号ライン 1 0 1 は短絡状態となり、信号ライン 1 0 1 を流れる信号は減衰され、遮断される。

【 0 0 0 6 】

これに対して、制御電極 1 0 3 に直流電位を印加しなければ、メンブレンは撓まず、当該メンブレン上の信号ライン 1 0 1 を流れる信号は、接地電極 1 0 4 から損失することなく、スイッチを通過する。

【 0 0 0 7 】

RF-MEMSスイッチの研究開発は、元来、軍事、航空宇宙用の用途を目的としたものが発端であり、如何にして信号伝搬特性の向上を図るかに研究開発の焦点が当てられていた。しかし、それが携帯情報端末等の民生用の用途となると、信号伝搬特性の向上は勿論のこと、耐久性、高速応答化、低消費電力化、低駆動電圧化、小型化等の様々な条件を同時に満たしたRF-MEMSスイッチの実現が求められる。

【0008】

以上、RF-MEMSスイッチに関する従来の技術を挙げたが、本発明に関わる、励振駆動、ローレンツ力駆動、電磁気斥力駆動のスイッチは開示されていない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図10に示す従来のスイッチ100においては、メンブレンを制御電極103側に引き付けるために必要となる直流電位の電圧は、約30[V]以上となり、このような高電圧を必要とするスイッチ100を無線装置に組み込み難いという問題を有していた。

【0010】

又、スイッチの高アイソレーション化を図るためには、可動体と電極との間のギャップを比較的広くすることが要求される。その場合、如何にして低い駆動電圧で、高速、大変位の可動体の駆動を可能とするかが問題となる。

【0011】

又、例えばRF-MEMSスイッチにおいて、可動体を電極へ吸着した場合、駆動電圧を切り可動体に吸着力を与えていない状態にすると、可動体が可動体のもつバネ力で、電極から離れた所定の位置に戻るわけであるが、低駆動電圧で高速に可動体を電極に吸引させようとする、可動体のバネ力を弱くする必要があるため、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度が遅いという問題がある。

【0012】

又、機械スイッチにおいて、電極に接触した状態の可動体を、アイソレーションが高く、可動体と電極の容量結合が起こらない、可動体の電極から離れた所定の位置に戻す場合において、可動体が所定の位置を越えて変位するオーバーシュートが問題となる。それは、可動体のオーバーシュートの大きさが大きい場合、信号の伝播経路である電極と可動体が容量結合を起こし、不正な信号の経路が形成されるからである。

【0013】

これらの問題や要求から、スイッチの高速応答、低駆動電圧を実現し、且つ比



較的広い可動体と電極との間のギャップを実現する方法、電極に吸着した可動体が、電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化を実現する駆動方式、可動体のオーバーシュートの大きさの制御法の実現が重要な課題である。

#### 【0014】

本発明の目的は、信号伝搬特性の向上、高速応答、低消費電力、低駆動電圧を実現した高性能スイッチ及びそれを用いた電子装置を提供することにある。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明のスイッチは、可動体を電極に吸着させる、又は離すことにより、外部からの信号の伝搬経路を切り替えるスイッチにおいて、外部からの信号を入力する入力ポートと、この入力ポートに接続された可動体と、前記外部からの信号を伝搬するための第1の電極と、この第1の電極に接続され制御信号を発生する第1の制御電源と、前記外部からの信号を遮断するための第2の電極と、この第2の電極に接続され制御信号を発生する第2の制御電源とを備え、前記第1の制御電源により第1の電極に制御信号を与え、前記可動体と第1の電極に与えられた電位差、および前記可動体と第2の電極に与えられた電位差で発生する駆動力によって可動体を励磁し、可動体を変位させ第1の電極、第2の電極に吸引または吸着することを特徴とし、信号伝搬特性の向上、高速応答、低消費電力、低駆動電圧を実現することができる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

##### （実施の形態1）

図1に本発明の実施の形態1におけるスイッチ1の平面図を示す。ON側電極3にはON側制御電源5、OFF側電極4にはOFF側制御電源6が取り付けられている。スイッチがON時においては、可動体2はON側電極3に吸着された状態となり、入力ポート7より入力した信号は、可動体2、ON側電極3を介して出力ポート8へ伝搬し、スイッチがOFF時においては、可動体2はOFF側電極4に吸着された状態となり、入力ポート7より入力した信号は、可動体2、OFF側電極4を介して接地へ伝搬する仕組みになっている。

## 【 0 0 1 7 】

図 2 に本発明実施の形態 1 における制御信号と可動体 2 の位置の図を示す。図 2 には、片側の ON 側電極 3 に与える制御信号を示した。ON 側電極 3 と OFF 側電極 4 に、0 V を片側の端とした交流電圧の制御信号を逆位相で与える。可動体 2 は、インダクタを介して直流的に接地されており、可動体 2 と ON 側電極 3、OFF 側電極 4 との間に交互に与えられる電位差により生ずる静電気力により、可動体 2 が ON 側電極 3、OFF 側電極 4 へと交互に変位し、励振される。

## 【 0 0 1 8 】

励振は、可動体 2 の自己共振周波数の交流電圧制御信号で励振する。可動体 2 は、ON 側電極 3、OFF 側電極 4 方向の自己共振モードで非常に大きな変位の振動が生じるよう設計、製作されており、自己共振周波数で励振することにより、より小さい電圧で大きな変位の振動が励起される機構になっている。

## 【 0 0 1 9 】

駆動方法は、図 2 に示す様に、可動体を吸着させる電極の方向に静電気力が加わるよう交流電圧制御信号を一定電圧の直流電圧制御信号に切り替える。この様に制御信号を制御することにより、可動体に可動体を吸着させる電極の方向の一定外力を加え、可動体を電極に吸引、吸着させることにより、信号の伝搬経路を切り替える。

## 【 0 0 2 0 】

尚、可動体の自己共振モード以外のモードにおいても、可動体を励振させた場合に、スイッチングするのに十分な振動の変位、所望の応答速度を満たす振動の速度、低駆動電圧が得られる場合は、可動体の自己共振周波数以外の周波数における可動体の励振、スイッチングが可能である。

## 【 0 0 2 1 】

又、交流電圧制御信号以外の矩形波型等の他の制御信号を用いることが可能である。

## 【 0 0 2 2 】

又、本実施の形態 1 では、静電気力による可動体の励振駆動方式を示したが、磁気力等、他の駆動力を用いた励振駆動方式のスイッチの実現が可能である。

## 【 0 0 2 3 】

この機構により、低い駆動電圧で、高速、大変位の可動体の駆動を可能とし、可動体と電極との間のギャップを比較的広くすることができる。これは、スイッチの高アイソレーション化を可能とし、信号のON/OFF比の高い高性能なスイッチを実現する。

## 【 0 0 2 4 】

又、可動体 2 は、所望の応答速度より速い振動速度に対応した自己共振周波数をもつよう設計、製作することにより、より高速な応答速度を実現する

尚、駆動方法は、所望の応答速度より高速に可動体を常時励振させた状態から、可動体を電極に吸着させることにより、励振の周波数に対応した高速な応答速度の実現を可能とする。

## 【 0 0 2 5 】

又、駆動方法は、可動体が電極から離れた所定の位置から、可動体を所望の応答速度より高速に励振させることにより、高速な応答速度の実現を可能とする。

## 【 0 0 2 6 】

又、駆動方法は、可動体が電極に吸着された状態から、可動体を所望の応答速度より高速に励振させることにより、高速な応答速度の実現を可能とする。この時、可動体を励振させる周波数は、可動体が電極に吸着された状態での可動体の形状における自己共振周波数でもよい。

## 【 0 0 2 7 】

又、駆動方法は、可動体が電極に吸着された状態から可動体を励振させることにより、可動体を電極から解放する手段とし、アイソレーションが高く、可動体と電極の容量結合が起こらない、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化を可能とする。

## 【 0 0 2 8 】

## (実施の形態 2)

スイッチの使用において、可動体を常時励振させた場合に、可動体の自己共振周期で信号が出力ポートに伝搬される問題がある。その問題を解決したスイッチとして、二つのスイッチを直列接続することにより、一つのスイッチとして用い

る方法を示す。

【0029】

図3に本発明実施の形態2におけるスイッチ1の平面図を示す。スイッチ1 a、スイッチ1 bを直列に接続する。スイッチ1 aには、ON側制御電源5 a、OFF側制御電源6 aが、スイッチ1 bには、ON側制御電源5 b、OFF側制御電源6 bがそれぞれ接続されている。

【0030】

スイッチ1 aから可動体の自己共振周期で出力される信号を遮断するために、スイッチ1 bをスイッチ1 aと逆位相で駆動させる。スイッチ1 aのON側において出力された信号がスイッチ1 bに到達時には、スイッチ1 bはOFF側になっており、スイッチ1 aから出力された信号は、スイッチ1 bのOFF側電極4 bの接地に伝搬される機構になっている。スイッチ1 aとスイッチ1 bを逆位相で駆動する場合は、スイッチ1 aのON側制御電源5 a、OFF側制御電源6 aの制御信号と、スイッチ1 bのON側制御電源5 b、OFF側制御電源6 bの制御信号を、逆位相にすれば良い。

【0031】

本スイッチは、スイッチ1 aがON時には、信号を伝搬させるためスイッチ1 bもONにする必要がある。又、スイッチ1 aがOFF時には、アイソレーションをより高めるため、スイッチ1 bもOFF状態にしておく方が得策である。

【0032】

ON側制御電源5 a、ON側制御電源5 bの制御信号が伝送線路に乗り、更に出力ポートへ制御信号が伝搬される問題があるが、ON側制御電源5 a、ON側制御電源5 bの制御信号は逆位相であるため、スイッチ1 aとスイッチ1 bが十分近距離に配置されていれば、互いの信号は打ち消し合い問題はない。しかし、図3に示す様に、出力ポートの前にハイパスフィルターを配置することにより、制御信号が出力ポートへ伝搬されず、入力ポートより入力された信号のみが出力ポートへ伝搬される様にできる。例えば、1 MHzの制御信号は遮断し、800 MHz～6 GHzの信号は通過させるといった具合である。

【0033】

又、ON側制御電源 5 a からスイッチ 1 b の可動体の接地へと直流電流が流れる問題があるが、これは図 3 に示す様に、スイッチ 1 a とスイッチ 1 b の間にコンデンサーを直列接続すれば解決される。

## 【 0 0 3 4 】

## (実施の形態 3)

図 4 に本発明実施の形態 3 におけるスイッチ 1 の平面図を示す。本発明実施の形態 3 記載のローレンツ力による駆動方法は、可動体 2 と電極 9 に同方向の駆動電流を流すことにより生じる斥力のローレンツ力を駆動力の一つとしており、可動体を電極から離れた所定の位置に戻す時のみ前記ローレンツ力による駆動力を与え、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化を可能とする。電流は制御電源 1 0 により制御する。

## 【 0 0 3 5 】

本駆動方式は、静電気力駆動方式、磁気力駆動方式、電磁気力駆動方式、圧電力駆動方式等の他の駆動方式と組み合わせたハイブリッド型駆動方式として使用することができ、より高性能なスイッチの実現を可能とする。例えば、静電気力により可動体と電極とを吸引、又は吸着させ、可動体を電極から離れた所定の位置に戻す時のみ斥力のローレンツ力による駆動力を与える静電気力駆動方式とローレンツ力駆動方式のバイブリッド型駆動方式が考えられる。

## 【 0 0 3 6 】

尚、可動体 2 と電極 9 に駆動電流を流すことにより生じる引力、斥力のローレンツ力を駆動力とし、信号の伝搬経路を切り替えることも可能である。二本の駆動電流の方向が逆方向であれば、可動体 2 と電極 9 との間に引力が働き、可動体 2 は電極 9 へ吸引、吸着される。又、駆動電流の方向が同方向であれば、可動体 2 と電極 9 との間に斥力が働き、可動体 2 は電極 9 から離れた所定の位置に戻る。電流は制御電源 1 0 により制御する。

## 【 0 0 3 7 】

また、駆動方法は、可動体もしくは電極のどちらか一方に高抵抗材料を使用し、高抵抗材料の比較的遅い電荷移動度による比較的遅い極性反転速度を利用し、可動体と電極が引力で接触している状態において、可動体もしくは電極の極性を

反転させた瞬間に、可動体と電極が同極性となり生ずる斥力を、可動体が電極から離れた所定の位置に戻る駆動力とすることが可能である。

## 【 0 0 3 8 】

又、駆動方法は、可動体と電極間の電極上に形成する絶縁層に、極性反転速度の比較的遅い高誘電体絶縁材料を使用し、可動体と電極が引力で接触している状態において、可動体の極性を反転させた瞬間に、可動体と絶縁層表面が同極性となり生ずる斥力を、可動体が電極から離れた所定の位置に戻る駆動力とすることが可能である。

## 【 0 0 3 9 】

これらの駆動方法は、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化を可能とする。

## 【 0 0 4 0 】

## (実施の形態 4)

機械スイッチにおいて、電極に接触した状態の可動体を、アイソレーションが高く、可動体と電極の容量結合が起こらない、可動体の電極から離れた所定の位置に戻す場合において、可動体が所定の位置を越えて変位するオーバーシュートが問題となる。それは、可動体のオーバーシュートの大きさが大きい場合、信号の伝播経路である電極と可動体が容量結合を起こし、不正な信号の経路が形成されるからである。この様な問題の解決法として、可動体のオーバーシュートの大きさの制御法を示す。

## 【 0 0 4 1 】

図 5 に本発明実施の形態 4 におけるスイッチ 1 の平面図を示す。制御電源 1 0 a、制御電源 1 0 b により、可動体 2 と電極 9 a、電極 9 b との間に働く静電力を制御し、可動体 2 の駆動を制御する。

## 【 0 0 4 2 】

図 6 に本発明実施の形態 4 におけるスイッチ 1 の制御方法の図を示す。図 6 ( a ) に本発明実施の形態 4 における制御信号と可動体 2 の位置の図を示す。制御電源 1 0 a、1 0 b は、制御信号として応答時間より短時間のパルス型の力を電極 9 a、9 b に接触した状態の可動体 2 に加えることにより、可動体 2 を電極 9 a、

9 bから離れた所定の位置に戻ることができる。この様な制御信号により、可動体への力の印加を短時間で止め、可動体のオーバーシュートによる振動の振幅を軽減し、電極との容量結合を防ぐことができる。又、可動体にパルス型の力を印加することにより、応答速度が制御前より速くなる利点がある。

## 【 0 0 4 3 】

図 6 ( b ) に本発明実施の形態 6 における解析結果の図を示す。可動体の構造は、幅  $5 \mu\text{m}$ 、厚み  $2.5 \mu\text{m}$ 、長さ  $500 \mu\text{m}$  の柱状の梁である。可動体と電極間のギャップは、 $0.6 \mu\text{m}$  であり、電極から離れた所定の位置は、 $0.6 \mu\text{m}$  の位置である。パルス型の制御信号の電圧は、 $7\text{V}$  であり、可動体へのパルス型の力の印加時間を変化させる。パルス幅を  $20 \mu\text{s}$ 、 $15 \mu\text{s}$ 、 $10 \mu\text{s}$ 、 $6 \mu\text{s}$  と短時間にすると、可動体のオーバーシュートによる振動の振幅が小さくなると同時に、応答速度が遅くなることがわかる。オーバーシュートの大きさと応答時間の最適条件は、オーバーシュートの大きさが約  $0.1 \mu\text{m}$  以下、応答時間が約  $20 \mu\text{s}$  以下であり、それを満たすパルス幅は、プルインが起こるパルス幅  $21 \mu\text{s}$  の約半分の時間である  $10 \mu\text{s}$  である。

## 【 0 0 4 4 】

図 6 ( c ) に本発明実施の形態 4 における解析結果の図を示す。可動体の構造は、幅  $5 \mu\text{m}$ 、厚み  $0.7 \mu\text{m}$ 、長さ  $500 \mu\text{m}$  の柱状の梁であり、比較的バネ定数の小さい可動体である。制御前は、可動体のバネ定数が小さいため、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度が遅いことがわかるが、最適条件であるパルス幅  $10 \mu\text{s}$  の力を印加した制御後では、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度が速くなり、且つオーバーシュートの大きさも小さくなる様可動体の変位を制御できることがわかる。

## 【 0 0 4 5 】

## (実施の形態 5)

図 7 に本発明実施の形態 5 におけるスイッチ 1 の制御方法の図を示す。図 7 ( a ) に本発明実施の形態 5 における制御信号と可動体 2 の位置の図を示す。オーバーシュートの方向と逆方向で、オーバーシュートの大きさに対応した力を、交互に随時可動体に加えることにより、可動体を電極から離れた所定の位置に戻す

制御信号の制御法である。図 7 (a) には、片側の電極 9 a に与える制御信号を示した。可動体のオーバーシュートが大きくなるに連れ、より大きな制御信号を与え、より強い力で電極から離れた所定の位置に可動体を引き戻す。オーバーシュートによる可動体の振動方向に応じて随時力の印加方向を変える。可動体のもつバネ力のみで可動体が電極から離れた所定の位置に戻る場合の制御前の可動体の位置に比べ、制御後の可動体の位置は、オーバーシュートした可動体が電極から離れた所定の位置に引き戻される形で、可動体のオーバーシュートによる振動の振幅が小さくなっていることがわかる。

## 【 0 0 4 6 】

図 7 (b) に本発明実施の形態 5 における解析結果の図を示す。可動体の構造は、幅  $5\ \mu\text{m}$ 、厚み  $2.5\ \mu\text{m}$ 、長さ  $500\ \mu\text{m}$  の柱状の梁であり、比較的バネ定数の大きい可動体である。可動体と電極間のギャップは、 $0.6\ \mu\text{m}$  であり、電極から離れた所定の位置は、 $0.6\ \mu\text{m}$  の位置である。制御前は、可動体のバネ定数が大きいため、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る場合において、オーバーシュートによる可動体の振動が起きていることがわかる。そこで、電極 9 a、電極 9 b 側で 10 : 1 の非対称な力を交互に随時可動体に加える制御を行う。すると、制御後では、オーバーシュートの大きさが小さくなり、且つ可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度が速くなる様可動体の変位を制御できることがわかる。又、可動体に加える力をオーバーシュートの方向により非対称にすることにより、強い力で可動体を電極から離れた所定の位置に引き戻した側のオーバーシュートの大きさを軽減することができ、用途に応じてある方向の電極との再結合を防ぐ方法として用いることができる。

## 【 0 0 4 7 】

## (実施の形態 6)

図 8 に本発明実施の形態 4 におけるスイッチ 1 の制御方法の図を示す。図 8 に本発明実施の形態 6 における制御信号と可動体 2 の位置の図を示す。一方方向のオーバーシュートの大きさを軽減する制御信号の制御法である。軽減したいオーバーシュートの方向と逆方向で、オーバーシュートの大きさに対応した力が可動体に加わる様制御信号を制御する。オーバーシュートによる可動体の振動が減衰



するにつれ、制御信号を小さくし、可動体が電極から離れた所定の位置にほぼ戻った時点で制御信号を切る。この様な制御信号により、常時可動体に引力を加えた側と逆側のオーバーシュートの大きさを軽減することができる。

【 0 0 4 8 】

上記実施の形態 4 ～ 6 の制御信号により、可動体のオーバーシュートの大きさの制御が可能となり、可動体と電極の容量結合による不正な信号経路の形成を防ぐことが可能となる。又、可動体の電極から離れた所定の位置に戻る応答速度を高速化することができる。

【 0 0 4 9 】

以上、本発明スイッチの駆動方法に関して述べてきたが、制御信号は、交流電圧制御信号、矩形波型電圧制御信号等の他の制御信号を用いることが可能である。

【 0 0 5 0 】

又、静電気力による可動体の励振駆動方式を示したが、磁気力等の他の駆動力を用いた励振駆動方式のスイッチの実現が可能である。

【 0 0 5 1 】

又、上記各駆動方式は、個別、又は、他の駆動方式も含めた複数の駆動方式を組み合わせたハイブリッド型駆動方式として使用することが可能である。

【 0 0 5 2 】

又、上記駆動方法は、垂直方向駆動型、水平方向駆動型等の、任意の方向への可動体の駆動を行うスイッチへの利用が可能である。

【 0 0 5 3 】

又、上記駆動方法は、SPDT、SPNTといった多出力ポート型のスイッチへの使用が可能である。

【 0 0 5 4 】

又、上記駆動方法を具備したスイッチは、各種電子装置への搭載が可能である。

【 0 0 5 5 】

(実施の形態 7)

図9は本発明実施の形態7におけるスイッチを形成した場合の工程断面図である。高抵抗シリコン基板201上に熱酸化することで、シリコン酸化膜202を300nmの膜厚で形成する。その後、シリコン窒化膜203を減圧CVD法を用いて200nmの膜厚で堆積する。更にシリコン酸化膜204を50nmの膜厚で減圧CVD法を用いて堆積する(図9(a))。

## 【0056】

しかる後、シリコン酸化膜204にフォトリソトからなる犠牲層を膜厚2 $\mu$ mでスピコート、露光、現像したのち、ホットプレートで140℃10分のベークを行うことで犠牲層205を形成する(図9(b))。

## 【0057】

しかる後、図9(c)に示すごとく、基板全面にAL206をスパッタにより2 $\mu$ mの膜厚で堆積し、所定の領域にレジストが残るようにフォトリソトによるパターン207の形成を行う。

## 【0058】

次に、前記フォトリソトからなるパターンをマスクとしてALのドライエッチングを行うことで、梁208を形成し、更に酸素プラズマによりフォトリソトからなるパターン207ならびに犠牲層205を除去する。前記工程により、基板表面と間隙209を有する梁が形成される(図9(d))。

## 【0059】

更に、図9(e)に示すごとく全面にプラズマCVDによりシリコン窒化膜210を膜厚50nmで堆積することで、基板表面のシリコン酸化膜204上ならびに梁208の周辺にシリコン窒化膜が形成される。

## 【0060】

最後にシリコン窒化膜を異方性を有するドライエッチング法にて前記堆積膜厚以上の膜厚例えば100nmでシリコン酸化膜と選択比を有する条件でエッチバックすることで、梁の上面はシリコン窒化膜がなく側面にのみ窒化膜が残るようにエッチングをおこなう(図9(f))。

## 【0061】

尚、本実施の形態では基板に関して、高抵抗シリコン基板を用いたが、通常の

シリコン基板、化合物半導体基板、絶縁材料基板を用いても良い。

【 0 0 6 2 】

又、高抵抗シリコン基板 2 0 1 上に絶縁膜としてシリコン酸化膜 2 0 2、シリコン窒化膜 2 0 3、シリコン酸化膜 2 0 4 を形成したが、基板の抵抗が十分高い場合これら絶縁性膜の形成を省略しても良い。又、シリコン基板上にシリコン酸化膜 2 0 2、シリコン窒化膜 2 0 3、シリコン酸化膜 2 0 4 と 3 層構造の絶縁膜としたが、前記シリコン窒化膜 2 0 3 の膜厚が、梁上に堆積するシリコン窒化膜と比較して十分厚い膜厚、いわゆるエッチバック工程を経ても消失しない膜厚である場合、シリコン酸化膜 2 0 4 形成工程は省略することが可能である。

【 0 0 6 3 】

尚、本実施の形態では梁を形成する材料として A l を用いたが、他の金属材料 M o、T i、A u、C u、ならびに高濃度に不純物導入された半導体材料例えばアモルファスシリコン、導電性を有する高分子材料などを用いても良い。更に成膜方法としてスパッタを用いたが C V D 法、メッキ法などを用いて形成しても良い。

【 0 0 6 4 】

又、機械スイッチの可動体を静電気力にて電極に吸引、吸着させる場合、可動体と電極の接触界面を波型、もしくは矩形型等にしても良い。メッキ法にて可動体、電極を形成する場合、垂直方向にアスペクト比が高い可動体と電極間のギャップや、非常に狭い可動体と電極間のギャップを犠牲層にて形成する必要がある。犠牲層を波型や矩形型にすることにより、犠牲層を立ち易くし、より精度の高い可動体と電極間の接触界面、ギャップを形成することができる。又、従来、矩形型の可動体と電極の接触界面では、凸部の角が削れて丸くなる、又は凹部の入り組んだ角が精度良く削れず犠牲層が残るという問題があった。本実施の形態の様に、可動体と電極の接触界面を波型に丸くした構造より、犠牲層のエッチングプロセスにおいて、一様に削れた精度の高い可動体と電極の接触界面、ギャップの形成を実現することができる。尚、本実施の形態におけるスイッチは、可動体と電極との接触面積を増やしたことにより、可動体と電極間に働く静電気力を増大させ、同じ制御電圧でもより大きな静電気力が発生するエネルギー効率の高い

スイッチであり、応答速度の高速化を実現する。

【 0 0 6 5 】

【発明の効果】

以上の様に本発明は、スイッチの高速応答、低駆動電圧を実現し、且つ比較的広い可動体と電極との間のギャップを実現する方法と、電極に吸着した可動体が電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化を実現する駆動方式と、可動体のオーバーシュートの大きさの制御法とを提供することができるという効果を有する。

【 0 0 6 6 】

また、大容量高速無線通信技術の確立に向けた、信号伝搬特性の向上、高速応答、低消費電力、低駆動電力を実現した高性能スイッチ及びそれを用いた電子装置を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 におけるスイッチの平面図

【図 2】

本発明実施の形態 1 における制御信号と可動体の位置を示す図

【図 3】

本発明実施の形態 2 におけるスイッチの平面図

【図 4】

本発明実施の形態 3 におけるスイッチの平面図

【図 5】

本発明実施の形態 4 におけるスイッチの平面図

【図 6】

(a) 本発明実施の形態 4 における制御信号と可動体の位置を示す図

(b) 上記実施の形態 4 におけるオーバーシュートを示す図

(c) 上記実施の形態 4 における制御前後のオーバーシュートを示す図

【図 7】

(a) 本発明実施の形態 5 における制御信号と可動体の位置を示す図

(b) 上記実施の形態 5 における制御前後のオーバーシュートを示す図

【図 8】

本発明実施の形態 6 におけるスイッチの制御方法を示す図

【図 9】

(a) 本発明実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際のシリコン窒化膜の堆積方法を説明するための工程断面図

(b) 上記実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際の犠牲層の形成方法を説明するための工程断面図

(c) 上記実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際のパターン形成方法を説明するための工程断面図

(d) 上記実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際の梁の形成方法を説明するための工程断面図

(e) 上記実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際のシリコン窒化膜の形成方法を説明するための工程断面図

(f) 上記実施の形態 7 におけるスイッチを形成する際のエッチングを説明するための工程断面図

【図 1 0】

(a) 従来のスイッチの構成を示す側面図

(b) 従来のスイッチの構成を示す断面図

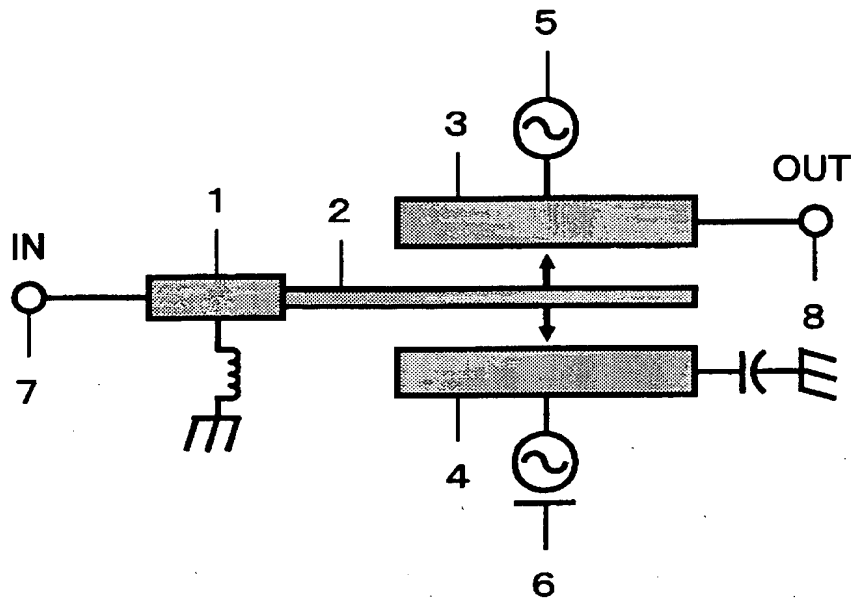
【符号の説明】

- 1 スイッチ
- 2 可動体
- 3 ON側電極
- 4 OFF側電極
- 5 ON側制御電源
- 6 OFF側制御電源
- 7 入力ポート
- 8 出力ポート
- 9 電極

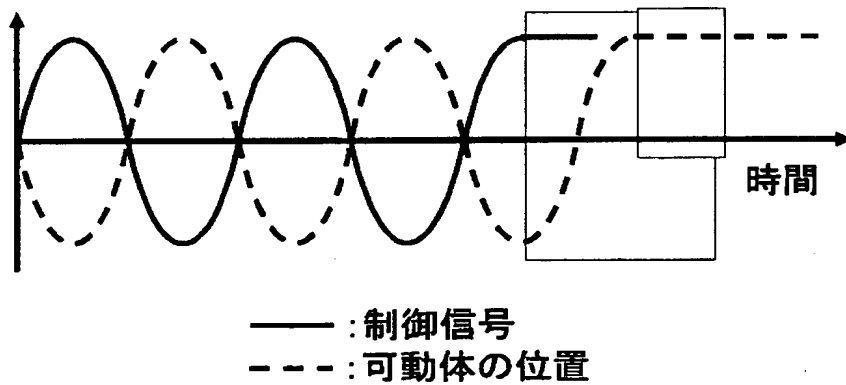
1 0 制御電源

【書類名】 図面

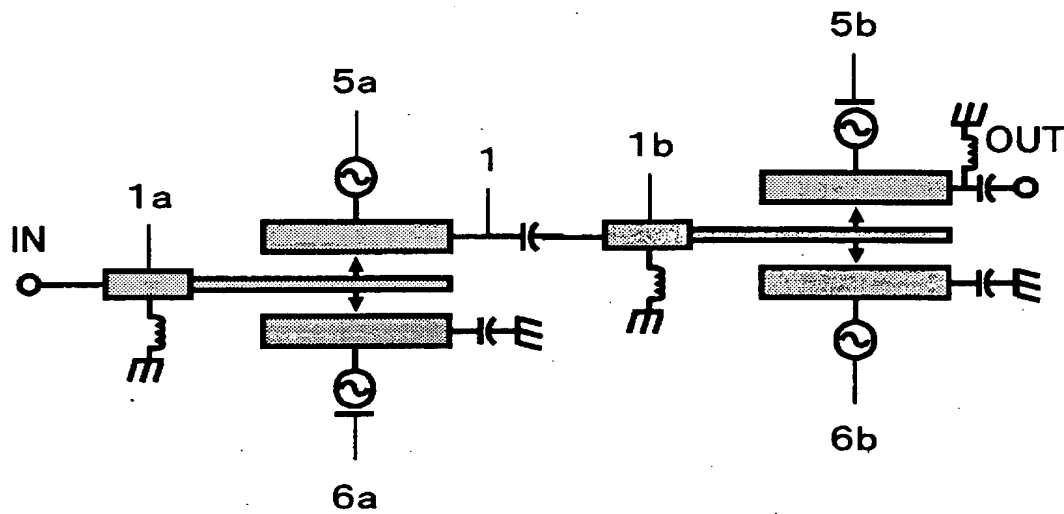
【図 1】



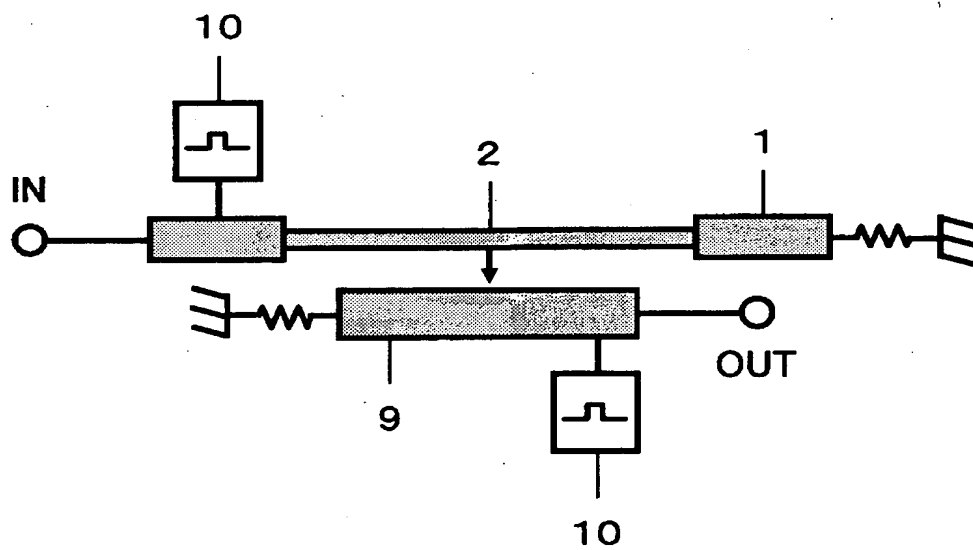
【図 2】



【图 3】.

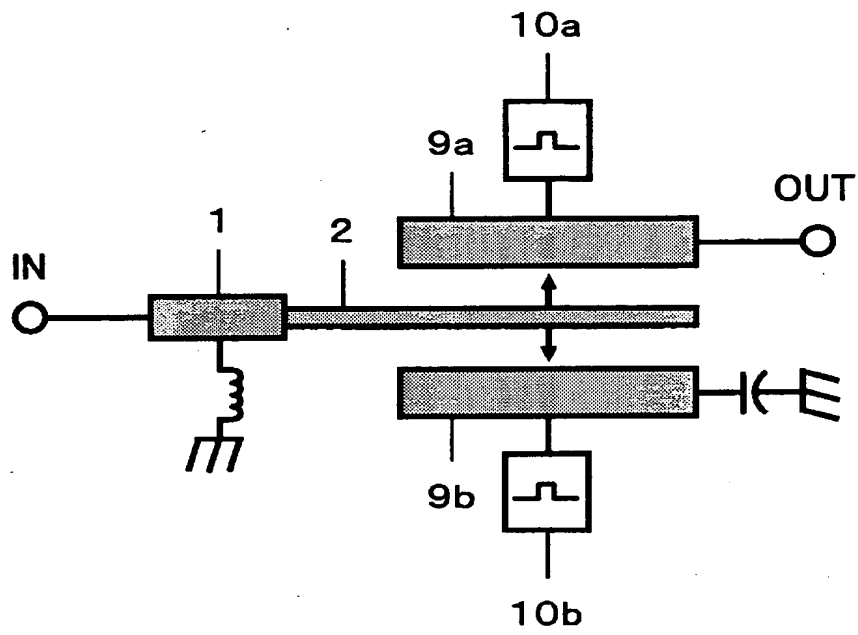


【図4】

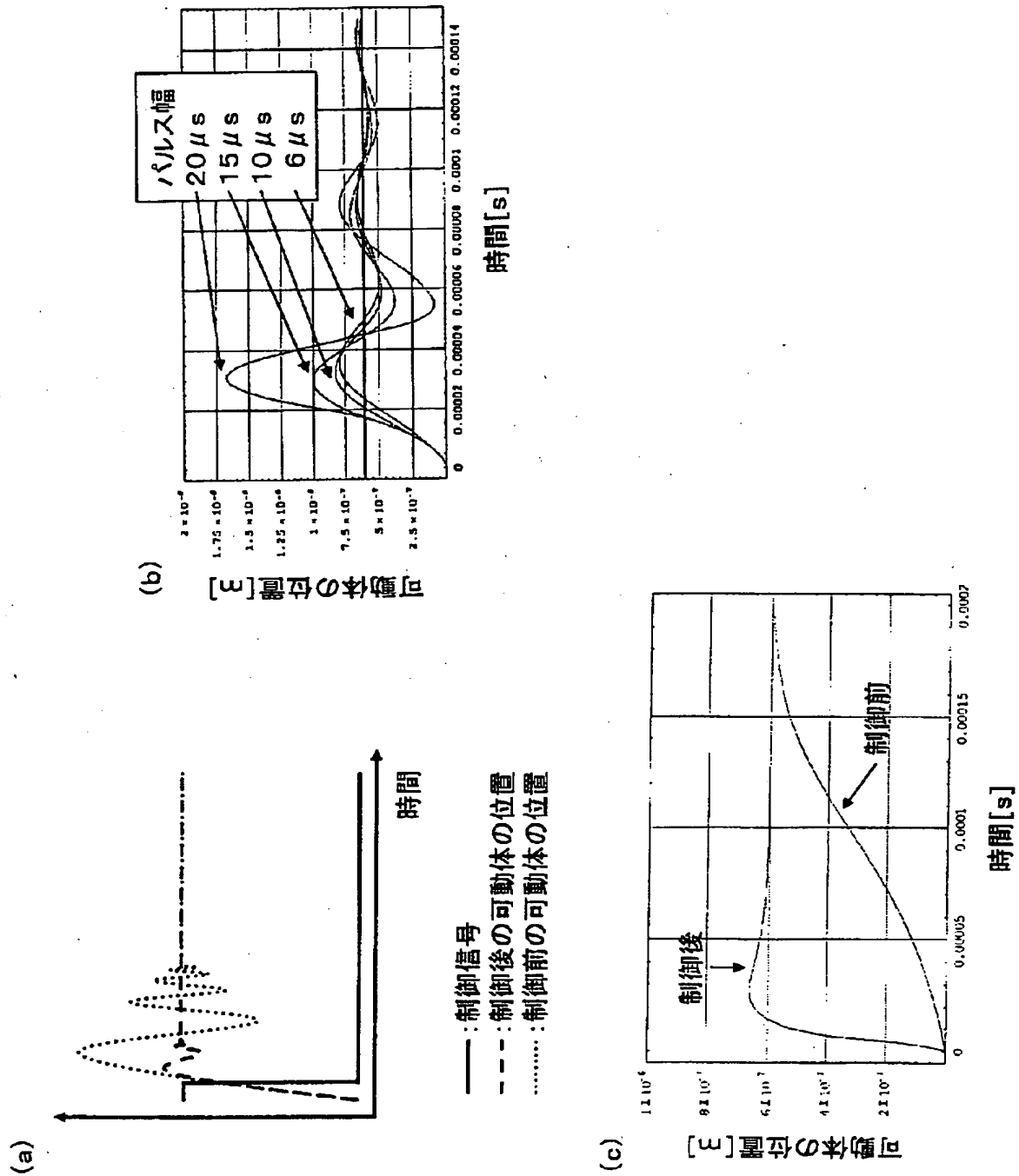




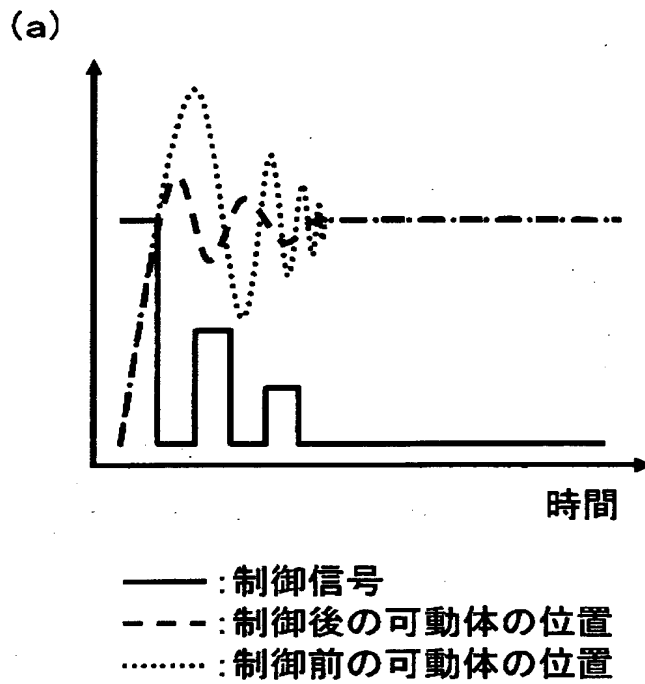
【図 5】



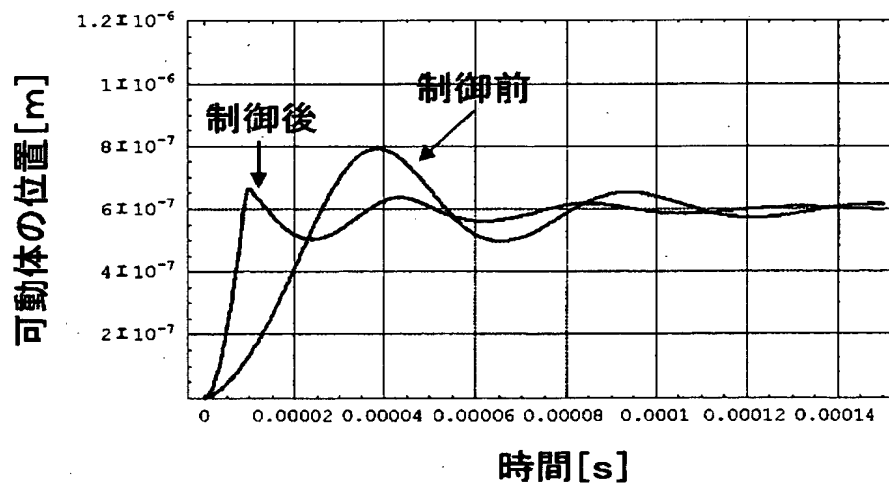
【図 6】



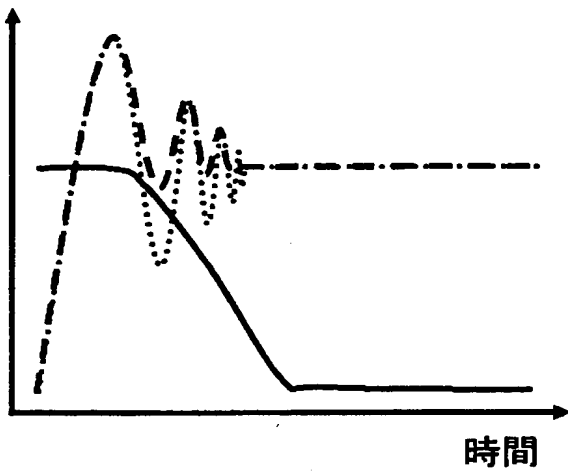
【図 7】



(b)

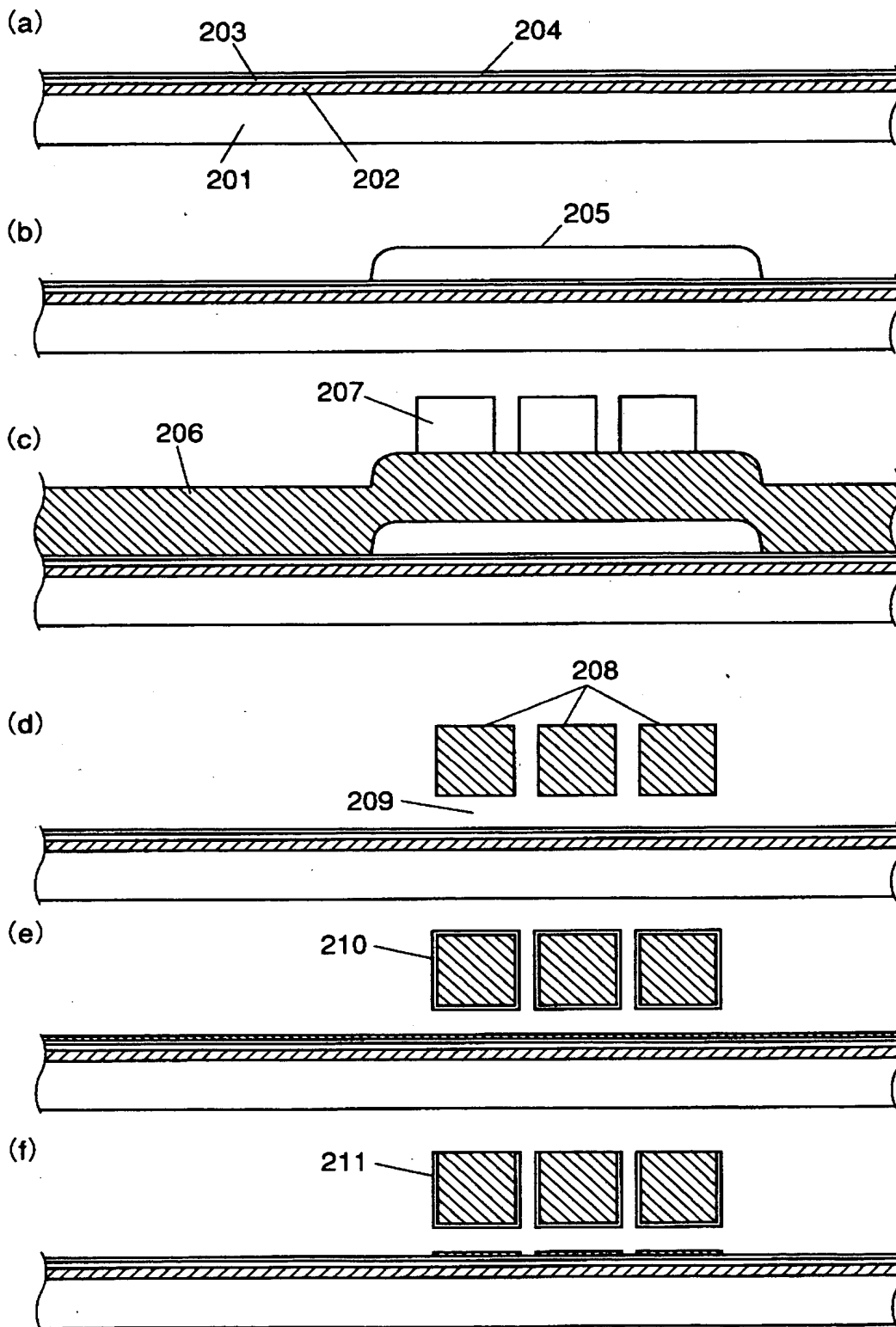


【図 8】



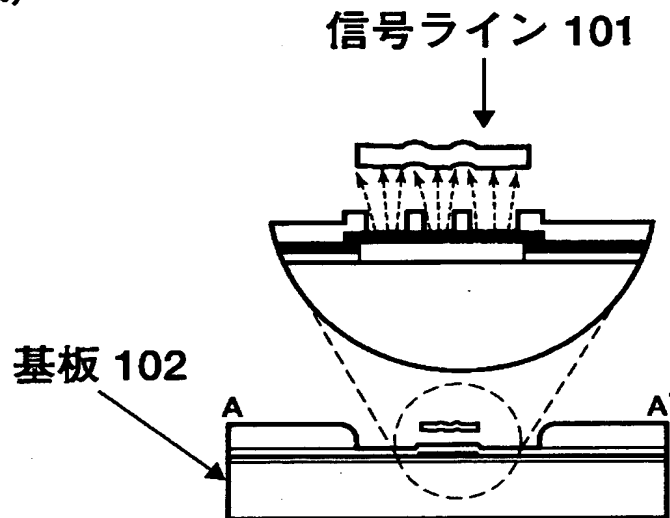
— : 制御信号  
 - - - : 制御後の可動体の位置  
 ..... : 制御前の可動体の位置

【図 9】

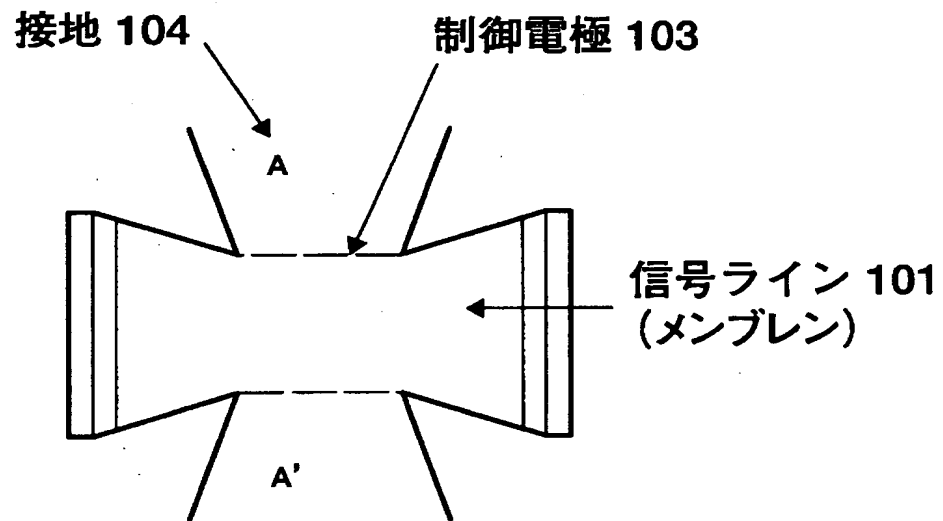


【図 1 0】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スイッチの高速応答、低駆動電圧を実現し、且つ、電極に吸着した可動体が電極から離れた所定の位置に戻る応答速度の高速化等を実現する駆動方式の実現が重要な課題である。

【解決手段】 可動体を電極に接触させる、又は離すことにより、信号の伝搬経路を切り替える機械スイッチにおいて、前記可動体の両側に前記可動体に外力を与える手段を備え、前記可動体を励振させることにより、高速な応答を可能とし、前記可動体を前記電極に吸引、吸着させるため、前記可動体に前記可動体を励振させる外力とは別の、前記可動体を吸着させる電極の方向の外力を与えることにより、駆動方法を具備したスイッチを実現する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社